

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ РЕСУРС

Пугачева Т.Н.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

При выборе конструктивных форм и размеров элементов высокотемпературных турбин определяющими ресурс эксплуатации являются вопросы длительной прочности. Обычно в проекте принимают величину деформации ползучести в интервале от 0,3% до 1%. Этой величине соответствует напряжение, обуславливающее принятую (допустимую) деформацию за назначенный ресурс. Чем меньше назначена деформация, тем ниже соответствующее ей напряжение, называемое пределом ползучести. Вместе с тем значение предела длительной прочности для назначенного ресурса имеет свою определенную величину и чем ниже, при этом, принятая суммарная деформация за то же время, тем больше отношение $\sigma_{д.п} / \sigma_{п}$ ($\sigma_{д.п}$ – предел длительной прочности, $\sigma_{п}$ – предел ползучести для одних и тех же рабочей температуры и срока службы), т.е. запас принятого напряжения по отношению к пределу длительной прочности. При деформации порядка 1% за 10^5 часов предел ползучести, как правило, примерно в 1,6 раза меньше предела длительной прочности (для некоторых материалов $\sigma_{д.п} / \sigma_{п} > 1,6$) и, таким образом, при напряжении в детали равном пределу ползучести с деформацией за назначенный срок меньше 1% обеспечивается запас рабочих напряжений по отношению к пределу длительной прочности $n_{д.п} \geq 1,6$, что соответствует нормативам.

Поскольку, как и прочие механические характеристики металла, длительная прочность и ползучесть определяются опытным путем, а к началу создания турбин на сверхкритические параметры значения длительных характеристик имелись на базе испытаний 10^4 часов или, в лучшем случае, $3 \cdot 10^4$ часов, необходимые величины для расчетного срока службы определяли экстраполяцией полученных опытных данных на относительно малой временной базе. Естественно, что оправданный консервативный подход привел к некоторому занижению экстраполированных значений пределов длительной прочности и ползучести на ресурс эксплуатации существенно превышающий базовый (при испытаниях).

Определенную роль в увеличении наработки турбин сверх расчетного ресурса играет и то, что максимальное исчерпание длительной пластичности и охрупчивание материала в роторах ВД и СД имеет место в зонах, где слабо проявляются циклические напряжения, способствующие более раннему образованию трещин из-за исчерпания длительной прочности. Образовавшийся дополнительный запас по пределу длительной прочности, который обусловлен вышеизложенными объективными факторами, приводит к замедлению охрупчивания металла и, таким образом, к снижению опасности более раннего появления критических трещин – основных факторов повреждения детали из-за исчерпания длительной пластичности и длительной прочности.